ANÁLISE DA SIMETRIA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO MACAÉ (RJ): UMA FERRAMENTA PARA O ESTUDO DA REDE DE DRENAGEM

André Polly ASSUMPÇÃO[1]
Mônica dos Santos MARÇAL[2]
Patrícia Batista MELO[3]

RESUMO

A Bacia do Rio Macaé localiza-se no litoral norte do estado do Rio de Janeiro, abrangendo os municípios de Nova Friburgo, onde está localizada sua nascente, Trajano de Morais, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabú, Rio das Ostras, Carapebus e Macaé, onde está localizada sua foz.

A área estudada está relacionada ao contexto ambiental da região Sudeste brasileira, marcado pela evolução da Serra do Mar. Muitos trabalhos têm apontado que o arcabouço geomorfológico relacionado ao período mesozóico-cenozóico da região envolveu movimentos tectônicos associados ao processo de abertura do Atlântico Sul e a outros movimentos, mais modernos, relacionados à rotação da Placa Sul-Americana para oeste (HASUI,1998).

Do ponto de vista geomorfológico, as investigações têm mostrado a presença de anomalias de drenagem, que indicam movimentos modernos relacionados à reativação neotectônica de falhas, definida como tectônica ressurgente, responsável pelo rearranjo da drenagem (HASUI, 1990; SAADI, 1990; GONTIJO, 1999).

Na perspectiva dessa abordagem morfoestrutural, o presente trabalho visa uma contribuição à compreensão dos processos geomorfológicos ligados à evolução das bacias de drenagem e formas de relevo indicadoras dessa movimentação mais recente na região.

O estudo da assimetria da bacia de drenagem constitui-se em uma ferramenta de análise geomorfológica na qual, através do Mapa de Fator de Simetria Topográfica Transversa, pode-se chegar a índices que revelam um processo de reorganização da drenagem. Essa ferramenta de análise também ajuda na compreensão da evolução da paisagem no âmbito da bacia de drenagem, ajudando na definição, juntamente com outras ferramentas e metodologias, dos processos geomorfológicos responsáveis pelas mudanças da paisagem nos últimos milhões de anos.

A metodologia baseou-se nos estudos de Cox, R.T. (1994), que aborda a análise da rede de drenagem através do Fator de Simetria Topográfica Transversa. O Mapa do Fator de Simetria Topográfica Transversa apresenta um índice que varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os valores mais próximos de zero são demonstrativos de uma bacia simétrica, enquanto que os valores mais próximos de um indicam uma assimetria da mesma. Estão sendo realizados trabalhos de campo, mapas de drenagem adensada, para o estudo de capturas de drenagem já ocorridas (além das possíveis de ocorrer no futuro) e estudos dos padrões da drenagem e dos canais.

O mapa confeccionado para a Bacia do Rio Macaé indica um índice de assimetria extremamente elevado (chegando ao valor máximo de 0,87) na passagem do alto para o

[1] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Graduando em Geografia, andrepolly@yahoo.com.br
[2] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prof. Drª – Departamento de Geografia, monicamarcal@uol.com.br
[3] Universidade Federal do Rio de Janeiro, Bacharel em Geografia, patricialopesufrj@yahoo.com.br

médio curso do Rio Macaé, onde este muda seu sentido principal oeste-leste para o sentido norte-sul, e seu canal apresenta-se muito meandrante. Além disso, muitos de seus tributários, nesta mesma região, apresentam diversas anomalias de drenagem, como cotovelos, capturas de drenagem, mudança no padrão dos canais e da drenagem como um todo.

INTRODUÇÃO

Localização: O Rio Macaé tem sua nascente no município de Nova Friburgo, Região Serrana do estado do Rio de Janeiro, em meio às escarpas da Serra dos Órgãos, nome regional da Serra do Mar, e corre no sentido oeste – leste para o Oceano Atlântico, tendo sua foz no município de Macaé, na região norte fluminense. Sua bacia de drenagem abrange ainda porções dos municípios de Trajano de Morais, Casimiro de Abreu, Conceição de Macabú, Rio das Ostras e Carapebus, como mostra o mapa da Figura 1.

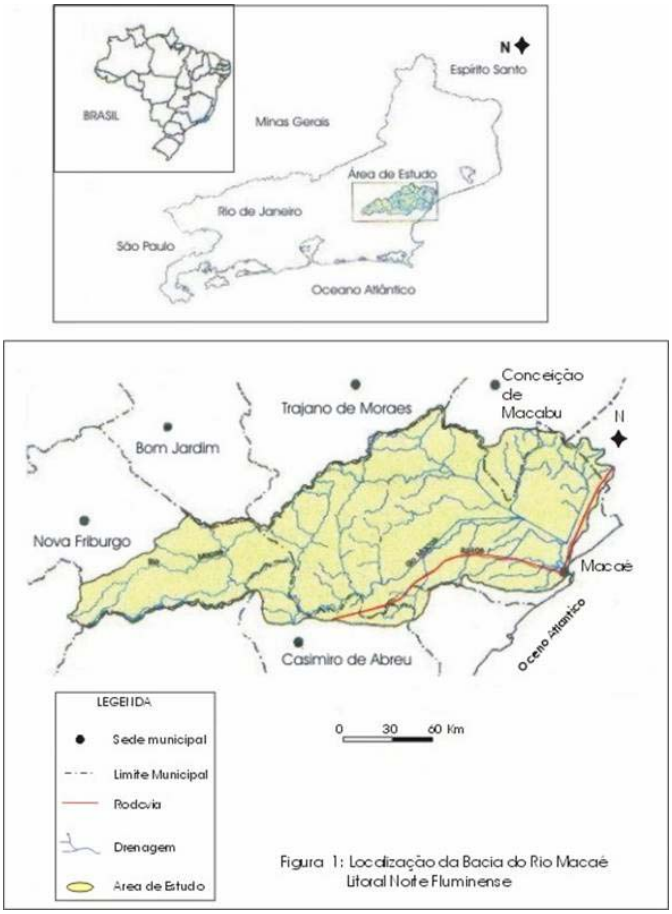

Figura 1: Mapa de localização da Bacia do Rio Macaé.

A região Sudeste tem sido alvo de investigações que apontam a presença de anomalias de drenagem e de relevo, indicadoras de reativação de falhas relacionadas à reativação tectônica ao longo do mesozóico – cenozóico, mostrando que esses processos são mais expressivos do que se imaginava para uma região intraplaca (HASUI, 1990; SAADI, 1990; GONTIJO, 1999). De acordo com Hasui (1990), essa tectônica está associada à abertura do Atlântico Sul e à rotação da Placa Sul-Americana para oeste, movimento mais moderno, essencial na evolução geomorfológica da região Sudeste.

Objetivo: Na perspectiva dessa abordagem morfoestrutural, em uma escala de maior detalhe, o presente trabalho visa uma contribuição à compreensão dos processos geomorfológicos ligados à evolução da bacia de drenagem do Rio Macaé e de suas formas de relevo. A possibilidade da relação entre os aspectos geomorfológicos e geológicos indentificados no presente estudo, com o modelo regional apresentado, serão discutidos e

avaliados na presente pesquisa e em trabalhos futuros. O presente trabalho abrangerá um estudo da forma da bacia do rio macaé e de seus padrões de drenagem na escala de 1:50.000, utilizando metodologia específica de análise de simetria e contribuir para o entendimento da dinâmica da paisagem mais recente (Cenozóica) na Bacia do Rio Macaé.

O estudo da simetria da bacia de drenagem constitui-se em uma ferramenta de análise geomorfológica na qual, através do Mapa de Fator de Simetria Topográfica Transversa, pode-se chegar a índices que revelam um processo de reorganização da drenagem. Essa ferramenta de análise também ajuda na compreensão da evolução da paisagem no âmbito da bacia de drenagem, ajudando na definição, juntamente com outras ferramentas e metodologias, dos processos geomorfológicos responsáveis pelas mudanças da paisagem nos últimos milhões de anos.

A Bacia do Rio Macaé possui uma orientação no sentido oeste – leste, apresentando forma assimétrica, e curvatura bem acentuada no seu médio curso em direção ao sul. Além disso, observm-se algumas anomalias de drenagem em certas porções da área de estudo, como pode ser observado nas cartas topográficas de 1:50.000, da região. As anomalias de drenagem são reconhecidas como os principais efeitos da atuação de uma tectônica recente, e a compreensão da evolução e dinâmica das mesmas aponta o controle das estruturas geológicas e da neotectônica atuante na região.

A forma assimétrica da bacia também é indício de uma possível movimentação tectônica recente, responsável por mudanças na dinâmica evolutiva da paisagem, trazendo modificações nos padrões da drenagem e nas formas de relevo da região. Essas modificações podem ocasionar problemas para o uso da terra na área onde estejam ocorrendo, a partir dos processos de erosão e deposição de sedimentos na busca pelo equilíbrio, com as modificações estruturais.

Contexto Geológico Regional: A região da bacia do rio Macaé é constituída, de um modo geral, por rochas metamórficas do Pré-Cambriano, onde dominam as unidades Região dos Lagos e São Fidélis. Ao longo do canal do Rio Macaé e da costa litorânea, existem depósitos sedimentares quaternários de areias aluviais e areias litorâneas, caracterizando depósitos flúvio-marinhos em algumas porções da planície. A região enquadra-se nos grandes lineamentos e fraturamentos do Estado do Rio de Janeiro, com predomínio da direção E-NE, no qual se encaixa o Rio Macaé. (COSTA ET *AL*, 1982)

De acordo com Costa *et al.,* (1982), a unidade Região dos Lagos é constitída por gnaisses leucocráticos de coloração cinza-clara amarelada, granulação média, estrutura em geral bandada, textura granoblástica de composição petrográfica granítica, compondo uma estrutura migmática estromatítica com leucognaisses e leptinitos. A área de maior ocorrência é ao sul do Rio Macaé, quando alcançam a orla, formando costões rochosos, e constituem também o embasamento das Ilhas de Santana, Ilha do Francês e Ilhote do Sul.

A unidade São Fidélis correspondea uma seqüência metassedimentar, dominantemente pelítica, de grau forte, que ocorre na costa leste do estado do Rio de Janeiro, no qual coexistem rochas brasilianas (metassedimentos de alto grau) e pré-brasilianas (facoidais e subfacoidais da cidade do Rio de Janeiro) (FONSECA, 1998). A unidade apresenta exposições ao longo da baixada litorânea entre as restingas e o canal de Jurumirim, litoral norte de Macaé.

De acordo com Ferreira (1999) as coberturas quaternárias podem se dividir em coberturas aluvionares, coberturas flúvio-lagunares e coberturas marinhas. As primeiras são constituídas por camadas de areia fina a média de cor esbranquiçada, relativamente bem drenadas nas áreas próximas à serra, adquirindo sedimentos mais finos em função da diminuição da energia das correntes e das inundações nas proximidades da foz do Rio Macaé e do Rio São Pedro.

As coberturas flúvio-lagunares correspondem a depósitos holocênicos lagunares e flúvio-lagunares, formados por sedimentos argilo-arenosos e argilosos orgânicos, mal drenados e

parcialmente alagáveis, correspondentes à paleo-lagunas colmatadas. As coberturas marinhas são constituídas por sedimentos arenosos de granulometria fina a média e cor geralmente branca em superfície, correspondente a depósitos de praia holocênicos e pleistocênicos (FERREIRA, 1999).

Contexto Geomorfológico Regional: O estado do Rio de Janeiro está compartimentado, de em duas unidades morfoestruturais: o Cinturão Orogênico do Atlântico e as Bacias Sedimentares Cenozóicas (DANTAS, 2000). De acordo com esse autor, essas morfoestruturas destacam-se pelas grandes variações altimétricas, pelo paralelismo de serras e vales, intrusões ígneas associadas aos dobramentos, e ainda guardam características de cadeias orogênicas, apesar das longas fases erosivas a qual tiveram expostas. As bacias sedimentares são áreas que, devido a influências geotectônicas e aos processos erosivos relacionados a fases climáticas mais secas ou mais úmidas, apresentam diversos níveis altimétricos em diferentes estados de desgaste.

A bacia de drenagem do Rio Macaé se insere em basicamente quatro unidades geomorfológicas (DANTAS, 2000): Escarpas das Serras de Macaé, Macabú e Imbé; Baixada do Rio Macaé; Superfície aplainada do Litoral Leste Fluminense; e Maciços de Macaé.

De acordo com Dantas (2000), as escarpas da serra de Macaé, Macabú e Imbé são caracterizadas por um conjunto de alinhamentos serranos escarpados com orientação preferencial W-E ou WSW-ENE, que se repetem a leste da serra dos Órgãos, e são alçados por tectônica a mais de 1.000m de altitude, onde alguns picos podem atingir quase 2.000m. Nesta região, os rios correm em direção preferencial W-E ou WSW-ENE, em parte condicionados por estruturas de mesma direção, promovendo o desmantelamento desse trecho da Serra do Mar, que apresenta direção SW-NE.

A superfície aplainada do litoral leste fluminense, assim como a unidade anterior, consiste numa extensa zona colinosa, com topografia uniforme e topos nivelados de baixa amplitude de relevo em cotas que variam de 40 a 100m de altitude. A Baixada do Rio Macaé possui extensos fundos de vales pertencentes aos rios Macaé e São Pedro (principal afluente do Rio Macaé pela margem esquerda), preenchidos por sedimentos de origem fluvial e fluviolagunar. Os fundos de vales são delimitados pelas colinas baixas da superfície aplainada do litoral leste fluminense ou por colinas isoladas, e as vertentes íngremes situadas no sopé da escarpa da serra de Macaé. A baixada foi originada a partir do empilhamento de uma seqüência de cristas de cordões arenosos da planície costeira de Jurubatiba, de idade pleistocênica, e de cordões litorâneos situados entre o promontório de Rio das Ostras e a foz do rio Macaé, originados a partir do último máximo transgressivo. Conforme Dantas (2000), a sedimentação marinha isolou uma antiga laguna que ocupou o baixo vale do rio Macaé e formou, inclusive, a atual laguna de Imboassica. Posteriormente, essas lagunas foram ressecadas e parcialmente recobertas por sedimentos aluviais até os dias atuais, caracterizando as planícies fluviolagunares. A montante do baixo curso do rio Macaé, registram-se expressivas planícies fluviais representadas pelo alto curso do rio Macaé e pelo rio São Pedro. As bacias de drenagem que convergem para os rios Macaé e São Pedro drenam uma extensa área que compreende a superfície aplainada do litoral leste fluminense e as vertentes da escarpa da serra de Macaé. O baixo curso do rio Macaé também sofreu, em parte, obras de retificação, com o intuito de rebaixar o nível do lençol freático e drenar as planícies fluviolagunares alagadas, expondo, em certos trechos, solos orgânicos de turfas (DANTAS, 2000).

De acordo com Dantas (2000), a unidade geomorfológica maciços de Macaé caracteriza-se por três alinhamentos serranos isolados e escarpados, circundados pelo domínio colinoso da superfície de aplainamento do litoral leste fluminense, e apresentam direção WSW-ENE, paralela à escarpa da Serra de Macaé. São representados pelas serras do Pote (600m), do Segredo (400m) e das Pedrinhas (420m), destacando-se dos contrafortes da Serra do Mar pelo vale do rio Macaé. Estão localmente desfeitos sob forma de morrotes e morros baixos. A unidade é definida pelo sistema de relevo Alinhamentos Serranos Isolados.

As vertentes estão protegidas por densa cobertura florestal, principalmente nas áreas mais elevadas com relevo mais imponente. Os solos, em geral muito rasos, e as extensas superfícies de afloramento rochosos, podem tornar essa unidade suscetível a processos de queda de blocos.

MÉTODOS e TÉCNICAS

A metodologia baseou-se nos estudos de Cox (1994), que aborda a análise da rede de drenagem através do Fator de Simetria Topográfica Transversa. De acordo com o autor, o Mapa do Fator de Simetria Topográfica Transversa apresenta um índice que varia de 0 (zero) a 1 (um), sendo que os valores mais próximos de zero são demonstrativos de uma bacia simétrica, enquanto que os valores mais próximos de um indicam uma assimetria da mesma. A análise da rede de drenagem, a partir da ferramenta do FSTT, pode ajudar a identificar evidências de possíveis movimentações recentes na superfície terrestre, utilizando cartas topográficas.

O trabalho abrange três etapas distintas:

1 – Pesquisa bibliográfica:

Levantamento cartográfico, acerca das cartas topográficas que cobrem a área, sendo estas: Nova Friburgo (SF-23-Z-B-II-4) 1974; Quartéis (SF-23-Z-B-III-3) 1985; Trajano de Morais (SF-23-Z-B-III-2) 1974; Casimiro de Abreu (SF-23-Z-B-III-4) 1973; Conceição de Macabú (SF-24-M-I-1) 1969; Macaé (SF-24-M-I-3) 1969; Carapebus (SF-24-M-I-2) 1969;Cabiúnas (SF-24-M-I-4) 1968; do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE); dos mapas temáticos (geológico e geomorfológico), além de imagem de satélites;

Pesquisa bibliográfica de carater temático, metodológico e da geologia e geomorfologia da área de estudo, oriunda de diversas fontes (teses, monografias, livros, artigos, etc.)

2 – Trabalhos de gabinete

Delimitação da bacia de drenagem e confecção de mapa de drenagem detalhado, elaborado a partir das cartas topográficas de 1:50.000 do IBGE. Para tal, foi utilizado o software ArcView 3.3 da ESRI.

Elaboração do Mapa de Fator de Simetria Topográfica Transversa (FSTT), feito a partir das cartas topográficas de 1:50.000 do IBGE. Para elaboração do mapa, foram traçadas linhas verticais transversalmente ao eixo da bacia, nas quais acham-se os pontos médios, a partir dos quais se traça linha média da bacia de drenagem, por onde deveria correr o rio caso a mesma fosse simétrica.

De acordo com Cox (1994), o índice de assimetria se obtêm a partir da relação entre a distancia do divisor de água da bacia ao eixo central da mesma, e da distancia entre o divisor de água e o canal principal.

3 – Trabalho de Campo

Foram realizados três trabalhos de campo na área de estudo, sendo o primeiro com o objetivo de reconhecimento da área, e os outros dois para coleta de informações geomorfológicas e geológicas, com relação aos padrões de drenagem, anomalias de drenagem, terraços fluviais e feições do tipo falhas e fraturas medidas através de bússola do tipo estrutural, além de outras feições importantes para o desenvolvimento do trabalho.

RESULTADOS

O Mapa de Fator de Simetria Topográfica Transversa (COX, 1994) foi elaborado para a Bacia do Rio Macaé, a partir do qual pode-se observar que em seu alto, médio e baixo curso, apresentam comportamentos diferenciados, necessitando uma melhor descrição. O mapa indica um índice de assimetria extremamente elevado (chegando ao valor máximo de 0,87) na passagem do alto para o médio curso do Rio Macaé, onde este muda seu sentido principal oeste-leste para o sentido norte-sul, e seu canal apresenta-se muito meandrante.

No alto curso do Rio Macaé, o maior valor encontrado pelo FSTT foi de 0,45 (Figura 2) indicando valores médios de simetria nessa região, considerando que a escala vai de 0 a 1. Pode-se observar que nesta região o canal corre aproximadamente pelo meio da bacia, resultando numa porção relativamente simétrica da mesma. O canal do rio Macaé, nessa porção da bacia, se apresenta ainda relativamente retilíneo, se comparado ao médio ou baixo curso. Pode-se observar, a partir do mapa de drenagem da figura 3, que a maior parte de seus afluentes na margem esquerda do rio, em seu alto curso, são pouco alongados e em sua maioria canais de primeira ordem. Na margem direita, os canais tributários são mais longos constituindo bacias de maior ordem que na outra margem, ressaltando que existe uma orientação preferencial dos canais de maior ordem no sentido W-E ou WNW-ESE, o que pode ser resultado do encaixamento dos canais sobre estruturas geológicas do tipo falhas e fraturas, comuns na região da Serra do Mar, resultando num padrão de treliça, enquanto que na margem esquerda, predomina o padrão dendrítico ou sub-dendrítico.

No médio curso da bacia do Rio Macaé encontra-se o maior índice de assimetria da mesma (0,87). Seu canal principal possui dois cotovelos de drenagem, e muda sua orientação principal WSW-ENE para N-S, chegando quase a atingir o divisor sul, por duas vezes. Depois, retorna a sua orientação principal (WSW-ENE), porém com seu eixo deslocado para o sul da bacia. Esse índice tão elevado pode ser resultado das capturas fluviais, que promovem o rearranjo da rede de drenagem nessa área. Além disso, a partir do segundo cotovelo de drenagem, o canal passa a um padrão mais meandrante do que aquele encontrado a montante. Como pode ser observado no mapa da figura 3, os canais que drenam para o Rio Macaé, no seu médio curso, em sua margem esquerda, são muito mais longos e de maior ordem do que seus afluentes da margem direita, resultado da condição assimétrica da bacia nesse segmento. O padrão predominantemente encontrado nessa região tende ao treliça, mas com características dendríticas, demostrando um controle estrutural bem marcado.

É interessante observar o alargamento que ocorre na bacia a partir desse ponto, além do fato da rede de drenagem em toda essa região ser mais densa do que no baixo e alto curso da bacia, o que pode indicar a possibilidade da atuação da tectônica mais recente na área. Ainda no médio curso da bacia, observa-se uma quantidade significativa de canais de 1ª e 2ª ordem, o que pode apontar locais propícios à ocorrência de capturas de drenagem, devendo ser investigado como uma possível feição morfotectônica.

No baixo curso do Rio Macaé, o maior valor encontrado pelo FSTT foi de 0,49, apontando, assim como no alto curso, uma simetria maior em relação ao médio curso da bacia. Nessa região, o rio segue a direção NW-SE indo desaguar no oceano, próximo à cidade de Macaé. Na margem esquerda, na porção mais a nordeste da bacia, a densidade de drenagem não é tão alta quanto no médio curso, mas também muito elevada. Nesta região, a quantidade de canais de 1ª e 2ª ordem é maior, podendo, assim como no médio curso, ter ocorrências de capturas de drenagem, o que é foco de investigações futuras. Vale destacar ainda a presença de dois tipos de padrões de drenagem nessa porção da bacia, mesclando o padrão dendríticio com o padrão treliça.

A presença de um amplo terraço fluvial nessa porção da bacia, e não nas outras áreas, indica a necessidade de uma futura investigação sobre a possibilidade de uma influência tectônica recente nessa parte do rio, visto que a literatura temática nacional e internacional caracteriza a presença de tais terraços como indicativos de atuação tectônica. Futuramente, com o cruzamento de informações estruturais coletadas em campo (falhas e fraturas), com os dados já existentes (Fator de Simetria Topográfica Transversa e Mapa da rede de drenagem), a ocorrência de movimentações tectônicas mais recentes poderão ou não ser apontadas, caracterizando-se como objeto de estudo para trabalhos futuros.

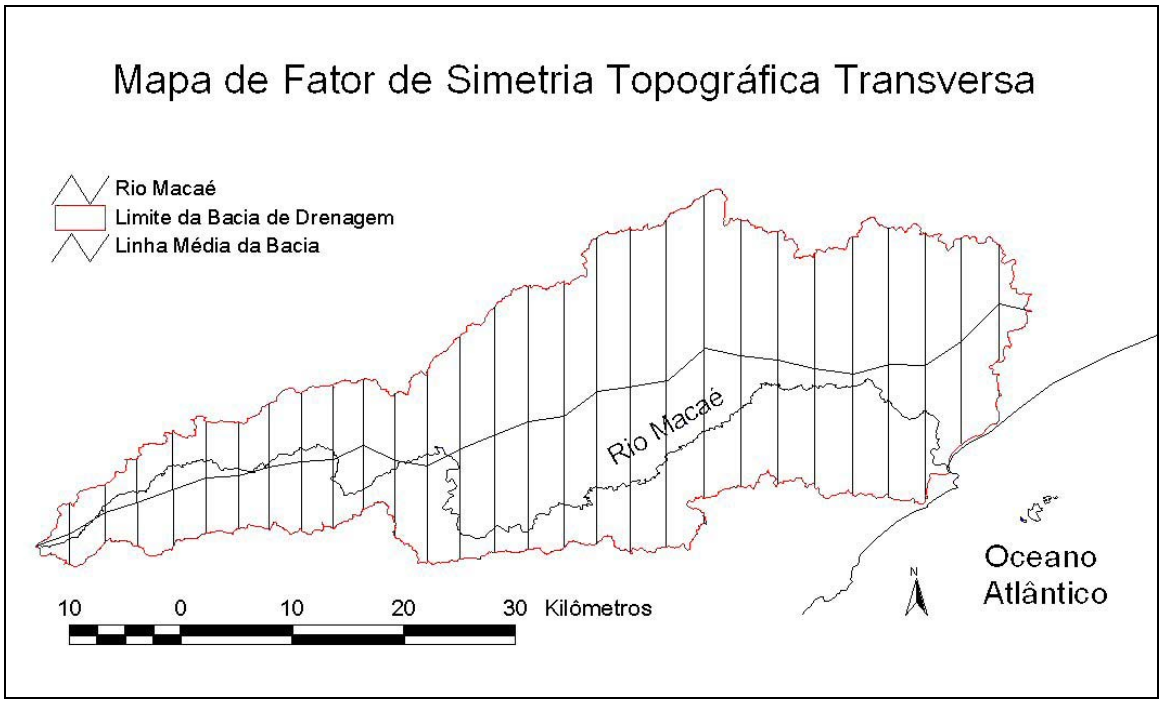

Figura 2: Mapa do Fator de Simetria Topográfica Transversa

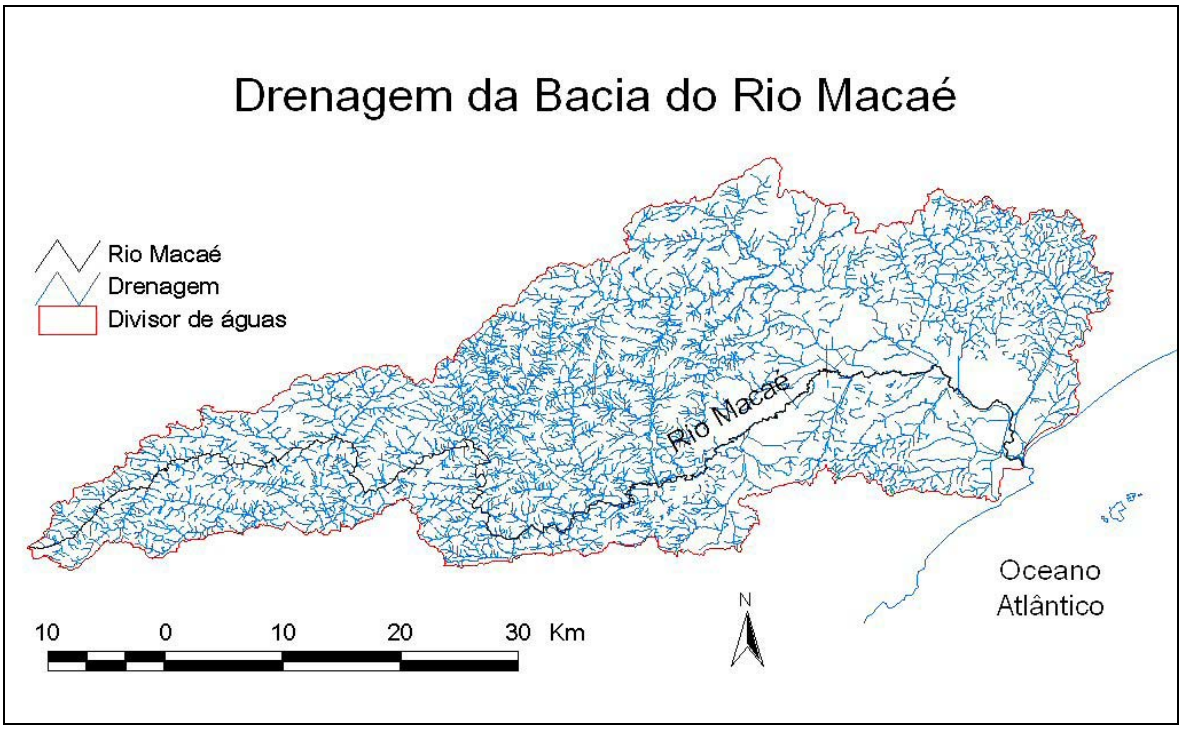

Figura 3: Mapa de Drenagem da Bacia do Rio Macaé

REFERÊNCIAS

COSTA, L. A. M.; GOMES, B. S.; MOREIRA, C. R. D.; *et al*. A Geologia das Folhas de Macaé e Cabiúnas. Projeto Carta Geológica do Rio de Janeiro. DRM/TRISERVICE. Escala 1:50.000. 1982.

COX, R. T. Analysis of Drainage-basin symmetri as a rapid technique to identify áreas of possible Quaternary tilt-block tectonics: An example from the Mississipi Embayment. **Geological Society of American Bulletin,** University of Coluymbia, Missouri, v. 106, 571-581, 1994.

DANTAS, Mapa Geomorfológico do Estado do Estado do Rio de Janeiro, Brasília: CPRM, Escala:1:250.000, 2000.

FERREIRA, C. E. O. Mapeamento e qualificação das coberturas inconsolidadas aplicadas ao planejamento territorial na escala 1:250.000 Folha Macaé, Estado do Rio de Janeiro.1999. 61p. Dissertação (Mestrado em Geologia)- Programa de Pós-graduação em Geologia. Universidade Federal do Rio de Janeiro. RJ.

FONSECA, M. J. G. Mapa Geológico do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro: DNPM. Escala 1:400.000. 1998.

GONTIJO, A. H. F. Morfotectônica do Médio Vale do Rio Paraíba do Sul: Região da Serra da Bocaina, Estados de São Paulo e Rio de Janeiro. 1999. 259p. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Rio Claro, SP.

HASUI. Y. Neotectônica e aspectos fundamentais da tectônica ressurgente no Brasil. IN: SBG/MG/ WORKSHOP SOBRE NEOTECTÔNICA E SEDIMENTAÇÃO CENOZÓICA CONTINENTAL NO SUDESTE BRASILEIRO, 1, Belo Horizonte. 1990. Anais, 766-771.

HASUI, Y.; COSTA, J. B. S.; BORGES, M.S.; MORALES, N.; RUEDA. J. R. J. Evolução morfotectônica do Sudeste do Brasil. IN: SBG/ MINAS GERAIS, CONGRESSO BRASILEIRO DE GEOLOGIA, 40, Belo Horizonte, 1998, Anais, p.78.

SAADI, A. Elementos de discussão da neotectônica brasileira. IN: SICEG, SEMANA DE ESTUDOS GEOLÓGICOS, 31, Belo Horizonte, 1990, Anais, 1-12.